

Дмитрієнко В.Д., Заковоротний О.Ю., Мезенцев М.В.

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, Україна

Оптимізація тягового електроприводу за допомогою геометричної теорії керування

Одним з стратегічних напрямів державної політики України в галузі розвитку сучасних видів транспорту є залучення до їх виробництва вітчизняних виробників, що забезпечує зменшення імпортової залежності Укрзалізниці від закордонних поставок рухомого складу. При цьому особливу увагу приділено, з одного боку, впровадженню сучасних енергозберігаючих технологій, а з іншого боку, раціональному використанню вже наявних енергоресурсів. Останнє вирішується, як шляхом вдосконалення вже існуючих систем автоматичного керування рухомим складом в напрямку оптимізації режимів ведення поїздів по залізничним перегонам при яких дотримується заданий графік руху й мінімальні витрати енергоресурсів, так й оптимізацією роботи окремих складових частин рухомого складу. Для України ці питання мають істотне значення, оскільки витрата енергоносіїв на перевезення пасажирів та вантажів в нашій країні вище, ніж в більшості розвинених країн світу.

В наш час питаннями створення систем керування залізничним транспортом займається безліч фахівців, роботи яких засновані на теорії керування та теорії оптимальних систем керування, а також методів функцій Ляпунова, принципу максимуму Понтрягіна, класичного варіаційного числення, термінальних керувань і т.д. Дані методи дозволяють виконувати синтез регуляторів для нелінійних об'єктів, однак вони мають й істотні недоліки. Їх використання для синтезу оптимальних систем керування тяговим рухомим складом ускладнено, особливо якщо мова йде про управління приводом змінного струму. Труднощі синтезу систем керування тяговими асинхронними приводами, які зазвичай описуються системами нелінійних диференціальних рівнянь вище п'ятого-шостого порядку з декількома керуваннями, привели до пошуку нових методів синтезу систем керування приводом, зокрема, єдиної геометричної теорії керування, перевагою якої є можливість перетворень нелінійних систем високого порядку з декількома керуваннями до еквівалентних лінійних, за рахунок розбиття вихідних моделей на ряд підсистем меншою розмірності, в кожен з яких входить тільки одне керування. Такі перетворення відкривають можливості для використання при вирішенні задач розробки нелінійних систем керування методів і засобів теорії лінійних систем. При цьому лінеаризація нелінійної системи виконується на основі використання лінійного зворотного зв'язку в просторі “вхід – стан”, та включає в себе таку послідовність дій: формування векторних полів об'єктів по їх моделям; перевірка послідовності розподілів на виконання умов інволютивності; визначення індексу керованості для заданої системи керування, використовуючи теорію про лінійний еквівалент для нелінійної афінної системи з векторним керуванням й форми лінійного еквівалента; побудова системи диференціальних рівнянь, з якої шляхом послідовного диференціювання, уздовж відповідних векторних полів, визначаються функції переходу до канонічної форми Бруновського, пошук оптимальних керувань за допомогою систем лінійних рівнянь, та перехід до початкової нелінійної системи.

У доповіді розглянутий приклад лінеаризації математичної моделі руху дизель-поїзда на основі інволютивних розподілів геометричної теорії керування у просторі “вхід – стан”, що описується системою нелінійних диференціальних рівнянь двадцятого порядку з чотирма керуваннями та враховує, з одного боку, основні види коливань вагонів рухомого складу та розподіл сил взаємодії між ними, а з іншого боку, паралельну роботу еквівалентних тягових асинхронних двигунів двох обмотованих вагонів. Приведено опис спеціально розроблених функцій для пакета Matlab, що дозволяють перетворювати нелінійні моделі об'єктів високого порядку у еквівалентні лінійні моделі за допомогою геометричної теорії керування. Приведені результати моделювання та оптимізації у пакеті Matlab нелінійної та лінійної моделей руху дизель-поїзда в різних режимах роботи, які підтверджують перспективність застосування геометричної теорії керування для синтезу систем керування тяговим приводом.